

**ENDÜSTRİYEL AHŞAP MALZEMELERİN İÇ
MEKAN KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

A STUDY ON THE USE OF INDUSTRIAL
WOOD MATERIALS IN INTERIOR SPACES

Damla YÜKSEK, Osman ÇAMLIBEL

43

ENDÜSTRİYEL AHŞAP MALZEMELERİN İÇ MEKAN KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A STUDY ON THE USE OF INDUSTRIAL WOOD MATERIALS IN INTERIOR SPACES

Damla YÜKSEK¹, Osman ÇAMLİBEL²

Anahtar Kelimeler:

Endüstriyel Ahşap,
Ahşap Yapı Sistemleri,
Endüstriyel Ahşap Yapılar,
Ahşabın İç Mekan
Kullanımı.

Keywords:

Industrial Wood,
Wooden Building
Systems,
Industrial Wooden
Structures.
Interior Use of Wood.

ÖZ

Ahşap yapı malzemesi olarak her dönem tercih edilmiş ve edilmekte olan temel malzemedir. Ahşabın doğal bir malzeme olması ve doğadan temin edilmesi tercih edilmesindeki en önemli sebeplerdendir. Ahşabın endüstri ve mühendislikle birleşmesiyle yapı malzemesinde yeni bir dönem başlamıştır. Mekanik ve fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi yapı sistemlerinin hemen her yerinde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Çok katlı devasa yapıların ve büyük açıklıkların endüstriyel ahşap malzemeler ile yapılmaya başlanması ahşap sistemlerin dönüm noktası olmuştur. Endüstriyel ahşabın deprem ve yangına karşı gösterdiği direnç devletlerin ilgisini çekmiş ve yapı yönetmeliklerinde değişikliğe gidilmesine neden olmuştur. Özellikle deprem kuşağında yer alan ülkelerin ahşap yapı sistemlerini benimsediği görülmüştür. Endüstriyel ahşap malzemeler ilk olarak yapı strüktüründe kullanılmaya başlansa da daha sonra iç mekan tasarımlarında mekana özgün değer ve kimlik oluşturmak için kullanılmıştır. Çalışma kapsamında endüstriyel ahşap malzemelerden olan Glulam, CLT, LVL ve NLT malzemelerin kullanım alanları incelenmiş ve örneklendirilmiştir. Bahsi geçen malzemelerin geliştirilmiş üstün mekanik ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra sürdürülebilir ve yenilenebilir olması tercih edilmelerini etkilemektedir.

ABSTRACT

Wood is the basic material that has been preferred and not applied in every period as a construction material. The fact that wood is a natural material and that it is obtained from nature is the most important reason for its preference. A new era has begun in construction material with the connection of wood to industry and electricity. The structural results of mechanical and physical changes have enabled it to be found in its place immediately. The beginning of the construction of multi-storeyed giant structures and large portables with industrial wood features has been a turning point in wood systems. The interest in the resistance of industrial wood against earthquakes and explosions has attracted attention and caused it to be differentiated in the construction scheme. It has been observed that countries located in earthquake zones in particular have adopted wood construction systems. The first use of industrial wood features in the construction structure has later been used to create a unique value and identity for the space in interior designs. The areas of use of industrial wood parts within the scope of the study, Glulam, CLT, LVL and NLT materials, have been examined and exemplified. The superior mechanical and physical storage of the mentioned materials as well as their sustainability and changeability ensure that they are preferred.

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 224494012@kku.edu.tr, Orcid: 0000-0002-2973-1910

² Doç.Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, osmancamlibel@kku.edu.tr, Orcid: 0000-0002-8766-1316

Alıntılanmak için/Cite as: Yüksek D. ve Çamlıbel O. (2025) Endüstriyel Ahşap Malzemelerin İç Mekan Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 34 (1), 764-780.

GİRİŞ

Ahşap adı; Arapça bir kelime olan ve “odundan yapılan eşya” anlamındaki “Haşep” sözcüğünden gelmektedir. Ahşabın canlı bir organizma ürünü olması; onu sade, sıcak, yaşayan bir yapı malzemesi haline getirmektedir (Perker, 2004).

İnsanlık tarihi boyunca ahşap; barınma, alet yapımı, gemi yapımı vs. birçok alanda sıkça kullanılmıştır. İnsan toplulukları ahşabın çok fonksiyonlu, güçlü, kullanımı kolay, estetik, sürdürülebilir ve yenilenebilir avantajlarından yıllardır faydalanmaktadır ve ahşap yüzyıllardır yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Rowell, 2012). Ahşap, geleneksel olarak konut mimarisinde kullanılırken ahşap teknolojinin gelişmesi ve yeni endüstri malzemelerinin ortaya çıkmasıyla birlikte çok katlı konutların, ofislerin, spor tesislerinin, gösteri mekanlarının ve kent mimarisinin vazgeçilmez yapı malzemesi haline gelmiştir. Ahşabın yapının birçok alanında kullanılmasının nedeninin fiziksel ve görsel yapısı, mekanik özellikleri, kimyasal yapısı, doğal bir malzeme olması, çeşitli desen-renk-tekstür gibi özelliklerinin olması olarak açıklanabilir.

Endüstriyel ahşap elemanların dünyadaki üretim ve pazar payı gün geçtikçe artmaktadır. Doğal ahşabın endüstriyel müdahaleyle fiziksel ve mekanik özelliklerinin güçlendirilmesi, olumsuz özelliklerinin ortadan kaldırılması kullanım alanının çeşitlenmesine neden olmuştur. Endüstri ve mühendisliğin bir araya gelmesiyle birlikte ahşap artık günümüz yapı sistemleriyle yarışır hale gelmiştir.

Ahşabın ekolojik ve sürdürülebilir olması; hafif, sağlam ve depreme dayanıklı olması; ısı ve ses yalıtımının yüksek olması gibi tasarım avantajlarına sahip olması yapı üretiminde kullanılmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Çalışma kapsamında çok katlı yapıların inşa edilmesine imkan veren endüstriyel ahşap malzemelerden; Yapıştırılmış Lamine Ahşap (Glued Laminated Timber / GLULAM), Çapraz Lamine Ahşap (Cross Laminated Timber / CLT), Lamine Kaplama Ahşap (Laminated Veneer

Lumber / LVL) ve Çivili Lamine Ahşap (Nailed Laminated Timber / NLT) incelenmiştir.

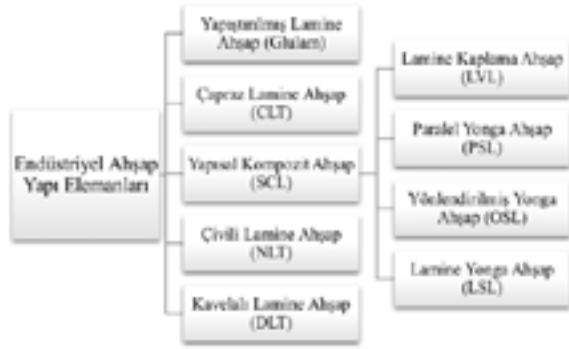
ENDÜSTRİYEL AHŞAP MALZEMELER

Dünya genelinde ormanların ve yeşil alanların azalmasıyla birlikte ağaç kesimine getirilen kısıtlamalarla ahşap malzemeler oldukça değer kazanmıştır. Bu nedenle kerestenin edinilmesi zor hale gelerek fiyat artışı kaçınılmaz olmuştur. Tedarik ve fiyat artışıındaki zorluklar yeni ve alternatif malzemelerin üretilmesine yol açmıştır. Bu sistem mühendislik ürünü ahşap malzemelerin yapı sektörüne katılmasına olanak sağlamıştır.

Yapı malzemesi olan ahşabın; sürdürülebilir, işlenebilir, dayanıklı, paslanmaz, hafif, estetik görüntüye sahip gibi birçok avantajının yanı sıra yanma, çürüme, biyolojik etkiler (termit-böcek), nem ve rutubet gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Endüstriyel ahşap malzeme, masif ahşap malzemeye göre mekanik ve teknolojik özellikleri açısından geliştirilmiştir. Böylece masif ahşaptaki dezavantajlar yeni üretilen malzeme ile avantajlı hale getirilmiştir (Güzel ve Yesügey, 2015).

Depreme dayanım, sürdürülebilirlik, doğal yalıtım gibi konularda mühendislik ürünü ahşap yapı malzemelerinin oldukça başarılı performans gösterdiği söylenebilmektedir (Ceylan ve Girgin, 2014). Ahşap yapılarda radon gazı ölçümü, betonarme yapılara göre 25 ile 100 kat arasında daha az çıkmaktadır (Duru ve Koç, 2022). Sera gazının artış göstermesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının azalması, küresel ısınmanın ortaya çıkması gibi dünyayı etkileyen çevresel sorunların baş göstermesi yapı sistemlerini de etkilemiştir. Deprem, sel, fırtına gibi doğal afetlerin yaşanması özellikle deprem kuşağında yer alan ülkelerin yapı yönetmeliklerini kökten değiştirmiştir. Özellikle Amerika, Kanada, Tayland, Japonya gibi ülkeler yapı yönetmeliklerinde ahşap yapı sistemlerine öncelik tanımıştır. Bu bağlamda yapının tasarımı sırasında alınacak önlemler, üretimde kullanılan malzemeyle doğrudan bağlantılıdır.



Görsel 1. Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanlarının Sınıflandırılması (Çaştur, 2021)

Yapıştırılmış Lamine Ahşap / GLULAM

Glulam, uygun biçimde seçilip hazırlanmış olan hammaddenin düz veya kavisli kesitin boyuna eksenine paralel çalışan tabakaların basınç altında yapıştırılarak hazırlanan malzemedir (Görsel 2). Standartlara göre izin verilen laminasyon kalınlığı 25-50 mm uzunluğu 1,5-5 metre olmalıdır. Kerestelerin uç uca eklenmesiyle istenilen boyutlarda üretilebilir olduğundan geniş açıklıklara olanak sağlamaktadır. Özellikle köprü kemerleri ve uzun açıklıklı ahşap yapıların strüktüründe kullanılmaktadır.

Glulamın en önemli avantajlarından biri, kirişlerin daha stresli bölge olan dış bölümlerinde yüksek dayanım sınıfında kerestelerle, iç bölümlerde ise düşük dayanım sınıfında kerestelerle üretilebilmesidir. Tabakaların bu şekilde düzenlenmesi, kaynağın daha verimli kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Porteous ve Kermani, 2013).

Glulam ilk olarak, 1835-1855 yılları arasında İngiltere ve İskoçya'daki demiryolu köprülerindeki 18,00 m ve 36,00 m açıklık geçen taşıyıcı kemerlerin yapımında kullanılmıştır (Riberholt, 2007). Bu ürün için ilk patent 1906 yılında Otto Hetzer tarafından alınmıştır (Ong, 2015). Yapıda kullanımı ilk olarak İngiltere'nin güney kıyısındaki Southampton Nikah Dairesi ve İngiltere'nin en büyük okullarından biri olan King Edward Koleji'nin toplantı salonu ile başlamıştır.

Glulam, masif ahşaptan daha yüksek değerinde mekanik özelliği olan bir üründür (Kitek Kuzman, 2010).

Nem, sıcaklık ve biyolojik etkilere karşı dayanıklı bir malzemedir. İstenilen form ve uzunlukta üretilebildiğinden

diğer yapı elemanlarıyla yapılması olanaksız veya zor olan yapıları tasarlamak mümkündür. Yapı formunda kolon, kiriş gibi taşıyıcı sistemlerde kullanılabilir. Boyut olanağında derinliği 2 metreyi, uzunluğu 40 metreyi aşan örnekler vardır.

Glulam malzemenin üretimi; hammaddenin lamine kalınlığında kesilmesi, kurutma, sınıflandırma, tabakaların eklemi, yüzeylerin planlanması, tutkalın uygulanması, basınçla preslenmesi, paketlenme ve etiketlendirme işlemlerinden oluşmaktadır (Görsel 3). Bu ürünlerin üretimi gerekli alet, cihaz ve ürünlerin bulunduğu ısı ve nemi kontrol edilen kapalı atölyelerde yapılmaktadır.



Görsel 2-3. Glulam Malzemenin Çizimi (URL1), Üretim Aşaması (URL2)

Çapraz Lamine Ahşap / CLT

CLT, ahşap tabakaların lif yönlerinin birbirine zıt gelecek biçimde yerleştirilip basınç altında yapıştırılarak hazırlanan

çok katmanlı panel elemanlardır. Lif yönleri birbirine zıt yerleştirildiği için kuvvet tek yönde değil her iki yönde dağılım sağlamaktadır (Görsel 4). Tabaka genişliği 6-24 cm, kalınlığı 1,6-5,1 cm, uzunluğu ise 0,6-5 m arasında değişiklik göstermektedir. Bazı durumlarda panel kalınlığı 50 cm ve panel uzunluğu 8-20 m kadar çıkabilmektedir.

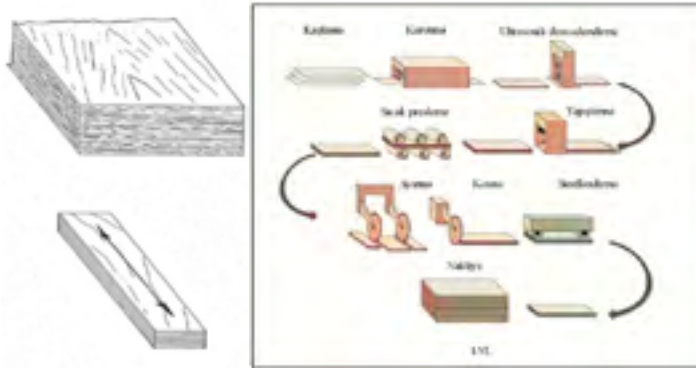
CLT, 1990'ların başında Avusturya ve Almanya'da kullanılmaya başlanan yapısal ahşap üründür (Mohammad ve diğerleri, 2012). 2000'li yıllara gelindiğinde çok katlı yüksek yapıların inşa edilmesine olanak sağlamaya başlamıştır. ABD ve Kanada'da kullanılmaya başlanmasıyla birlikte panellerle ilgili standartlar hazırlanmıştır.

CLT'nin en önemli özelliği hafif olmasıdır. Isı ve ses yalıtımında, yangın direncinde oldukça başarılı bir malzemedir. Duvar, döşeme, çatı, merdiven gibi taşıyıcı yapıyı oluşturan iskelet sisteminin yanı sıra kapı, pencere ve yüzey kaplamaları gibi kullanım alanları mevcuttur. CLT malzemeden üretilen bir duvar paneli sismik yüklere karşı başarılı statik sonuçlar verebilmektedir.

Japonya'da, yedi katlı bir CLT binası dünyanın en büyük sarsma tablasında test edilmiştir. Arka arkaya gerçekleştirilen 14 sismik testte neredeyse hiç hasar olmamıştır. CLT ayrıca iyi bir sünek davranış ve enerji dağılımı sağlamaktadır (Wood Products Council, 2012). Bir yangında CLT'nin yüzeyinde oluşan odun kömürü tabakası iç bölümleri korumaktadır (Gustafsson, 2019).

CLT Malzemenin üretimi; hammaddenin panel kalınlığında kesilmesi, tabakaların kurutulması, sınıflandırılması, birleştirmenin yapılması, yüzeylerin planyalanması, tutkallanma ve preslenmesi, boyutlandırılması, paketleme ve etiketlenilmesinin ardından uygulamaya hazır hale gelmesinden oluşur (Görsel 5).





Görsel 6-7. LVL Malzemenin Çizimi (URL4), Üretim Aşaması (APA Engineered Wood Handbook, 2001)

Çivili Lamine Ahşap / NLT

NLT, küçük boyutlu kerestelerden geniş yüzeyler elde edilebilmesini sağlayan tabakaların çivilerle birleştirildiği endüstriyel yapı malzemesidir (Görsel 8). Aynı yönde dizilmiş kalınlığı 5-7,5-10 cm genişliği 10-30 cm arasında değişkenlik gösteren tabakaların çivilenmesiyle meydana gelmektedir. 10 cm genişlikle 3,65 m açıklık sağlanırken 30 cm genişlikle yaklaşık 8 m açıklık geçilebilmektedir.

NLT herhangi bir ağaç türünden üretilebilmektedir. Ağaç türünün çeşitliliği malzemeye farklı renk ve doku imkanı sunmaktadır. Örneğin köknarın daha sarı ve beyaz bir görüntüsü varken, çamın daha kırmızı ve turuncu bir görüntüsü olur (Görsel 9).

NLT malzeme; Glulam, CLT ve LVL malzemenin aksine karmaşık makineler ve büyük bir tesise ihtiyaç duyulmadan üretilebildiği için diğer malzemelere göre maliyet avantajı sağlamaktadır. Ancak panellerin çivilerle bağlanması CNC gibi makinelerle işlenemiyor olmasına neden olduğundan süreç olarak dezavantaj oluşturmaktadır.

Julius Natterer, 1970'lerde çivili tabakalı ahşabın üretimine öncülük etmiş ve 1990'larda ürün birçok yönden geliştirilmiştir (Structurecraft, 2019). Kuzey Amerika'da, 1920'lerden 1960'ların ortalarına kadar inşa edilen kırsal köprülerin birçoğu NLT'den yapılmıştır (Hong, 2017). Büyük ve yük taşıma kapasitesi büyük olan yapıların üretiminde kullanılmaktadır.



Görsel 8-9. NLT Malzemenin Çizimi (URL5), Farklı renk seçenekleri (Perkins ve Will, 2014)

Tablo 1'de endüstriyel ahşap malzemelerden olan GLULAM, CLT, LVL ve NLT ahşap malzemenin fiziksel, mekanik, kimyasal ve ısı-ses yalıtım özelliklerinin yanı sıra renk-doku-tekstür, sürdürülebilirler ve genel kullanım alanlarına yönelik bilgiler mevcuttur.

Tablo 1. Endüstriyel Ahşap Malzemenin Özellikleri

End. Ahşap Malzeme	GLULAM:	CLT:	LVL:	NLT:	Değerlendirme:
Kullanım Alanları	Yapıştırılmış Lamine Ahşap	Çapraz Lamine Ahşap	Lamine Kaplama Ahşap	Çivili Lamine Ahşap	
Fiziksel Özellikler	Boyutsal kararlılığa sahip, sert ve güçlüdür.	Hafif, güçlü ve stabildir.	Mukavemeti yüksek ve serttir.	Çivi sayısı arttıkça malzemenin bükülme sertliği ve yük taşıma kapasitesi artar	Üretim boyutlarında bir sınırlama yoktur. İstenilen ebatlarda üretilbilirler.
Mekanik Özellikler	Daha iyi dayanım ve rijitlik göstermektedir. Eğilme ,çatlama ve gerilmelere direnç gösteren bu malzemenin beton ve çelik malzemesine göre elastikiyet modülü düşüktür.	Rijit malzeme olduğu için deprem sırasında binanın dayanımını artırır. Yük taşıma kapasitesi açısından oldukça avantajlıdır.	Homojen şekilde üretildiği için yüksek mukavemet ve rijitlik gösterir.	Mukavemet ve sertlik açısından daha az değişkendir çünkü laminasyonları çivilerin bağlantısı yoluyla yükü birlikte karşılar	Mühendislik ürünü olduklarından ahşabın tüm kusurlarından arındırılmış, üstün nitelikli malzemelerdir
Kimyasal Özellikler	Mikroorganizmalardan etkilenmez, rutubet nedeniyle deforme olmaz ve kimyasal saldırganlığa karşı dirençlidir.	Mikroorganizmalardan etkilenmez, rutubet nedeniyle deforme olmaz ve kimyasal saldırganlığa karşı dirençlidir.	Mikroorganizmalardan etkilenmez, rutubet nedeniyle deforme olmaz ve kimyasal saldırganlığa karşı dirençlidir.	Mikroorganizmalardan etkilenmez, rutubet nedeniyle deforme olmaz ve kimyasal saldırganlığa karşı dirençlidir.	
Renk, Doku, Tekstür					Tabakaların yerleştirilme ve tutkallanma biçimleri birbirinden farklı olduğu için renk, doku ve tekstür farklılıkları vardır.
Isı ve Ses Yalıtım Özellikleri	Mükemmel yangın performansına sahiptir. Glulam'ın çekirdeği etrafında karbonlaşmış bir tabakanın oluşması, oksijen tüketimini azaltması ve yanmayı geciktirmesidir.	Isı korunumu sağlayan doğal bir yapıya sahiptir ve yangın esnasında kömürleşme katmanı oluşturmaktadır.	LVL, diğer kütle ahşap ürünlerine benzer şekilde, kömürleşim nedeniyle yangına karşı doğal bir dirence sahiptir.	Tutarlı bir kesite sahip NLT, ses dalgalarının diğer sert yüzey sistemlerine benzer şekilde yansımaları sağlıyor.	Ahşap performans olarak güçlendirilmiş olduğu için yalıtım özellikleri de gelişmiştir.
Sürdürülebilirlik	Yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir	Yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir	Yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir	Yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir	Genellikle sürdürülebilir ormanlardan elde edilir.
Genel Kullanım Alanları	Döşeme ve çatı kirişleri, kolon, kemer, aşık gibi yapı strüktüründe	Cephe ve iç mekanlarda, çatı, duvar ve zeminlerde	Kiriş lentolarında, kapı, pencere yapımında	Duvar, döşeme ve çatı elemanları yanı sıra, asansör ve merdiven boşluklarında	Hem taşıyıcı hem de taşıyıcı olmayan yapı elemanları olarak kullanılırlar.

Tablo 1’de yer alan bilgilere göre; endüstriyel ahşap malzemelerin fiziksel özellikleri incelendiğinde boyutsal kararlılığa sahip, mukavemeti yüksek, güçlü ve stabildir. Mekanik ve kimyasal özellikleri incelendiğinde mühendislik ürünleri oldukları için kusurlarından arındırılmış ve nitelikleri güçlendirilmiştir. Bu bakımdan ahşabın istenmeyen kusurlu nitelikleri güçlendirilerek en mükemmel hale getirildiği söylenebilir. Renk-doku-tekstür bakımından farklılık göstermektedir. Bunun nedeni malzemelerin imal edilme şeklidir. Farklı yönlerde yerleştirilme ve farklı birleştirme yöntemlerine sahip oldukları için tekstür farklılıkları olmaktadır. Aynı zamanda kullanılan ağaç cinslerinin farklılığıyla birlikte renk ve doku farklılıkları da oluşmaktadır. Isı ve ses yalıtım özellikleri incelendiğinde bu alanlarında güçlendirildiği görülmektedir. Doğal ahşap belli bir ısı-ses yalıtımına sahiptir. Ancak yapı kullanımına tek başına uygun bir malzeme değildir. Ahşabın endüstriyel olarak dönüştürülmesiyle birlikte yalıtım özellikleri geliştirilmiştir. Yangın ve akustik performansları oldukça başarılıdır. Bu bakımdan yapı yönetmeliklerine uygun, tekil veya hibrit kullanılabilecek niteliklere sahiptir. Genel kullanım alanlarına bakıldığında yapının her alanında kullanılmaya uygun olduğu görülmektedir. Yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hem iç hem de dış mekanda kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu özellikleri göz önüne alındığında başka hiçbir yapı malzemesine ihtiyaç duyulmadan yapının tamamı için imal edilebilen, kullanıma uygun malzemeler olduğu söylenebilir.

AHŞABIN İÇ MEKAN KULLANIM ALANLARI

Ahşap malzemenin iç mekan kullanımı oldukça geniş bir yelpazededir. Yapının hemen her yerinde kullanılabilen bir yapı malzemesi olması kullanım alanını genişletmiştir.

Çalışma kapsamında döşemelerde, tavan ve duvar kaplamalarında, taşıyıcı sistemlerde, merdiven ve doğramalarda, donatı elemanı olarak kullanımı incelenmiştir.

Döşeme Olarak Kullanımı

Döşemeler yükleri kiriş ve kolonlara aktaran yatay elemanlardır. Döşemeler yapının boyutu ve yüksekliğine

göre değişkenlik göstermektedir.

T3 (Timber, Technology, Transit anlamında) ofis binası 2016 yılında inşa edilmiş ve yapıldığı süreçte ABD’nin en büyük masif ahşap binası unvanına sahip yapısıdır. Bina 21.000 metrekare alanda 7 katlı inşa edilmiştir. Yapının kolon, kiriş ve döşemeleri NLT malzemeden üretilmiştir. Yapının ağırlığı betonarmeye göre %60 çeliğe göre ise %30 daha hafiftir. Her kat 9 günde inşa edilerek yapının tamamı 2,5 ay gibi bir sürede tamamlanmıştır. Bu bağlamda endüstriyel ahşap yapılar; çelik ve betonarme yapılara göre hem daha hafif hem de inşa süresi daha kısadır.



Görsel 10. Döşeme Detayları (URL6)

Döşemeler ahşabın sıcaklığını ve güzelliğini iç mekana taşımak için açıkta bırakılmıştır. Ayrıca yangın esnasında kütleli kerestenin kömürleşerek kendini korumak için doğal bir tabaka oluşturması, kaplama ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Bu nedenle NLT paneller herhangi bir kaplama ya da boya malzemesi gerektirmeden olduğu gibi bırakılmıştır.

Yapıda yaklaşık olarak 3,600 m³ ahşap kullanılmış ve bu ahşapların yaklaşık 3,200 ton karbonu hapsedeceği hesaplanmıştır. Yapının tamamında 1100 adet 8x20' panel kullanılmıştır. Kullanılan NLT malzemelerin alanı 9 adet hokey pisti büyüklüğünde bir yapıya denk gelmektedir.



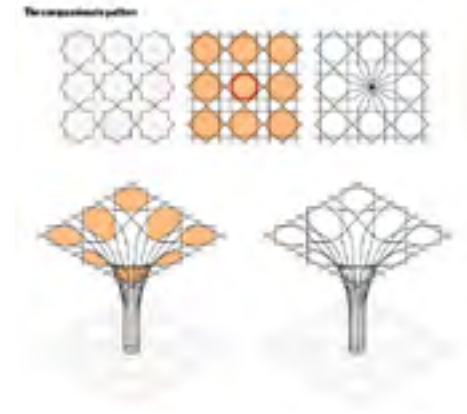
Görsel 11. Katlararası Döşeme Kesiti ve İç Mekanı (URL7)
Tavan ve Duvar Kaplaması Olarak Kullanımı

Yapıyı mekanlara ayıran düşey elemanlara duvar denilmektedir. Tek yüzeyi ya da her iki yüzeyi de mekanın işlevine bağlı olarak kaplama malzemesiyle tasarlanabilmektedir. İç duvar kaplamasının özellikle ıslak mekanlarda su ve neme dayanıklı malzemeden yapılması bozulma, küflenme, çürüme gibi istenmeyen durumların oluşmasını önlemek için önemlidir. Bir diğer önemli konu ise kaplamanın çarpma ve darbeye karşı dayanıklı olması gerektiğidir.

Tüm bunlara bağlı olarak; kaplamanın gerektiği durumlarda yenilenebilir, bakımı kolay ve temizlenebilir olması önem taşımaktadır (Toydemir ve ark. 2011). Kullanıcıların fiziksel ve ruhsal sağlığına pozitif yönde etki edecek uygulamalar yapılmalıdır. Görsel konfor mekana estetik değer kazandırılması bakımından önemli bir konudur. Renk, doku ve görünüş kullanıcının ruhsal sağlığını doğrudan etkilemektedir. Kullanıcı konforunu etkileyen konulardan birisi de mekanlar arası işitsel durumlardır. Mekanın işlevine bağlı olarak ses ve gürültü kontrolü sağlayacak kaplamalar tercih edilmelidir.

Cambridge Cami 2019 yılında inşa edilen yapı, Avrupa'nın ilk sürdürülebilir camisi unvanını taşımaktadır. Hem İslami hem de İngiliz dini mimari stilinden ilham alınarak ortak üslupla tasarlanmıştır. Caminin en dikkat çekici kısmı ladinden yapılmış lamine ahşap keresteleridir. İç mekanı ağaçlarla çevrili bir koruluk, sakin bir vaha görünümündedir. Cami yalnızca Müslümanlara değil tüm insanlığa manevi ve kültürel bir miras oluşturmak amacı taşımaktadır.

Caminin ağaç formundaki kolonları zeminden tavana kadar devam etmektedir. Glulam kolonlar zeminden tavanı kaplayan ağaç dalları formunda stilize edilmiştir. Toplamda 16 adet kolon kullanılmıştır. Duvarlar ise CLT karolar ile çevrelenmiştir.

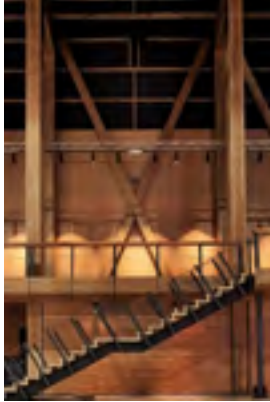


Görsel 12. Glulam Sütunların Desenleri ve Tavan Kaplaması (URL8)

Taşıyıcı Sistem Olarak Kullanımı

Yapı elemanları binanın yükünü taşıyan malzemelerdir (Türkçü, 1990). Motat Havacılık Sergi Salonu, Yeni Zelenda da bulunan ve yapının neredeyse tamamının

LVL malzemeden inşa edildiği içerisinde ender uçak koleksiyonlarının sergilendiği müze yapısıdır. Yapı 3300 metrekarelik bir alanı kapsamaktadır. 2011 yılında tamamlanan yapı mimarlık, mühendislik ve sürdürülebilirlik dalında 7 ödüle layık görülmüştür. Yapının yüksekliği 15 metre, açıklığı 42 metre, zemin ve asma kat planlı tasarımıyla dikkat çekmektedir. Yapının döşemesi betonarme, zemin kazıkları çelikten yapılmıştır. Yapının kalan diğer kısımlarının tamamı LVL malzemeden yapılmıştır.



Görsel 13. Kolon, Kiriş ve Çatı Örtüsü (URL9-10)

Yapının ana taşıyıcısı doğu-batı yönünde yer alan 6,15 metre aralıklarla yerleştirilen LVL kolonlardır. Kolonlar arasında bulunan çapraz LVL paneller yanal yükleri taşıyıcılara aktarmaktadır. Strüktürü oluşturan kolon ve kirişler fabrikada üretilip montajı yapılmıştır. Kuzey cephesi saydam dış kabuk ve ahşap iç kabuk olmak üzere

çift cephe olarak tasarlanmıştır. Güneydeki asma katın ana taşıyıcısı iki LVL kolondur. 50 metre uzunluğundaki beşik çatı örtüsü her iki yönde ikişer kolonlarla desteklenen LVL kutu kirişlerinden oluşmaktadır. Kirişlerin açıklığı 42 metreyi geçmektedir.



Görsel 14: Kuzey Cephe Görünüşü ve Çepraz Bağlantı Elemanları (URL10)

Doğramalarda (Kapı, Pencere) ve Merdivenlerde Kullanımı

Ahşabın doğramalarda kullanımında; kapı ve pencere doğramaları en önemli yapı elemanları arasındadır (Şenkal 1996). Bu yapı elemanları mekanlar arasındaki bağlantıyı sağladığı için iç ve dış mekana girecek olan ışık, ses ve ısıyı doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda mekanlar arası görsel iletişim söz konusudur bu nedende doğramaların estetik tasarımı da oldukça önemlidir.



Görsel15. CLT Kapı Tasarımı / Londra'da Müstakil Ev (URL11)

CLT malzemeden yapılan merdivenler 4 metreden daha büyük açıklık imkanı sağlamaktadır. Taşıyıcı alanın panel katman sayısı tasarım amacına bağlı olarak değişmektedir. Panel katman sayısı 3-5 adet olmak üzere katman kalınlığı 2-3-4 cm arasındadır. Merdivenin taşıyıcı iskeleti ve basamakların birleşimi üç farklı şekilde gerçekleşir (Görsel 16).



Görsel 16-17. CLT Merdiven Bağlantı Biçimleri (Şanlı, 2020), Albina Yard/ABD CLT Merdivenleri (URL12)

Donatı Elemanı Olarak Kullanımı

Mekana anlam veren ve kimlik kazandıran unsur donatı elemanlarıdır. Mekan oluşturmada duvar, kapı, pencere, kolon gibi yapı elemanları kadar mobilya, aksesuar gibi mekânsal donatı elemanları da etkilidir. İç mekanı tanımlayan unsur tasarımı tamamlayan mobilyalardır. Mobilya mekanın yapısına ve kullanım amacına uygun seçilmelidir.

Mekan düzenlemesini belirleyen etken insanın gereksinimleridir. Mekan tasarımı insanın fiziksel, ruhsal, psikolojik ve sosyolojik gereksinimlerini karşılamaya yönelik yapılmalıdır. Farklı kültür ve toplumların kullanım alışkanlıkları mekan düzenlemesinde etkisini göstermektedir. Bu nedenle kullanıcı gereksinimi, alışkanlıkları, konforu, estetik değerleri gibi unsurlar tasarımcının oluşturmayı hedeflediği mekanın niteliğini belirleyen yapı taşlarıdır.



Görsel 18-19. Konutta CLT Donatı Elemanları (URL13), Our-Shelves-Houses CLT Donatı Elemanları (URL14)

İnsan çevresiyle etkileşim halindedir. Mekan içinde bulunan mobilya, aksesuar, renk, doku, ışık gibi her türlü fiziksel eylemle iletişim halindedir. Çevresiyle duyuşal iletişim kurduğunda mekanı yaşanır kılan davranışlarda bulunacaktır. Donatı malzemesinin strüktürel, fiziksel ve kimyasal özellikleri mekan kurgusunu doğrudan etkiler. Mekanın strüktürüne göre seçilen donatı malzemesi kullanıcı gereksinimlerini ve kültürlerini yansıtır.



Görsel 20-21. Londra Halk Kütüphanesi LVL Donatı Elemanları(URL15), Glulam Donatı Elemanları (URL16).

Donatı elemanlarının kullanım amaçları yemek, oturmak, uyumak, çalışmak, depolamak gibi eylemleri gerçekleştirmek ve günlük yaşamı kolaylaştırmaktır. Donatı elemanlarının tarihsel süreç içinde strüktür, biçim ve işlevleri gelişim ve değişim göstermiştir.

Tablo 2’de endüstriyel ahşap malzemelerin kullanım alanlarına yönelik bilgiler verilmiştir.

Tablo 2. Endüstriyel Ahşap Malzemenin Kullanım Alanları

End. Ahşap Malzeme	GLULAM: Yapıştırılmış Lamine Ahşap	CLT: Çapraz Lamine Ahşap	LVL: Lamine Kaplama Ahşap	NLT: Çivili Lamine Ahşap
Döşeme Olarak Kullanımı	Hem yatay hem de düşey doğrultuda kullanıldığından döşeme olarak kullanılabilir.	Döşeme olarak üretildiğinde duvar panelinin aksine dış katman uzunlamasına paralel olacak şekilde düzenlenmektedir.	Stabilitesi ve dayanıklılığı ile zemin uygulamalarında kullanılır.	En çok döşeme ve çatı sistemlerinde kullanılmaktadır.
Tavan ve Duvar Kaplaması Olarak Kullanımı	İstenilen boyutlarda ve formlarda üretilebildiği için tavan ve duvar strüktüründe ya da kaplama olarak kullanılabilir.	Duvar paneli olarak üretildiğinde düşey yük kapasitesini en üst seviyeye çıkarmak için dış katman enine paralel olacak şekilde üretilir.	Yapıların taşıyıcı duvar sistemlerinde yaygın olarak kullanılır.	Bitişik paneller bir yönde döşenir ve kirişlerden veya diğer yapısal elemanlardan destek gerekir. Duvarlar ve asansör boşlukları için kullanılabilir.
Taşıyıcı Sistem Olarak Kullanımı	Çok katlı ve büyük açıklıklı yapıların kolon, kiriş, makas, kemer gibi yapısal elemanlarında kullanılmaktadır.	CLT, düşeyde ve yatayda olmak üzere iki doğrultuda yükleri ilettiği için kolon olarak kullanılmamaktadır.	Yapısı sayesinde kirişler, kolonlar ve diğer yapısal elemanlar için ideal bir seçenektir.	Kolon, kiriş gibi yapı elemanlarının kullanımına uygun değildir.
Kapı, Pencere Doğramalarında kullanımı	Genellikle yapısal eleman olarak üretilir. Bu bakımdan doğramalarda kullanılmamaktadır.	İç ve dış katman enine, orta katman boyuna paralel olacak şekilde üretilir.	İşlenebilir olması ve dayanıklılığıyla kapı ve pencere yapımında kullanılmaktadır.	NLT yapısal eleman olarak üretildiğinden kapı ve pencere doğramalarına uygun değildir.
Merdivenlerde Kullanımı	Hem yatay hem de düşey doğrultuda kullanıldığından merdiven olarak kullanıma uygundur.	Merdiven olarak hazır olarak ve taşıyıcı ve basamak birleşimine göre farklı biçimlerde üretilmektedir.	Esnek tasarım olanağı sağlaması bakımından özellikle sanatsal merdivenlerde kullanılmaktadır.	Merdivenlerde kullanımı uygun değildir.
Donatı Elemanları Olarak Kullanımı	Glulam birçok mevcut ağaç türüyle üretilebilmektedir. Bu bakımdan oldukça zengin bir görünüm elde edilir. Bu bakımında donatı elemanlarında estetik olarak da zengindir.	Yapısal özellikleri nedeniyle özellikle masa ve dolap gibi günlük kullanıma uygun donatı elemanlarında tercih edilmektedir.	LVL'nin işlenebilirliği, mobilya tasarımlarında esneklik sağlar. Dolap, masa, raf sistemleri gibi mobilya sistemlerinde kullanılır.	NLT yapısal eleman olarak üretildiğinden donatı elemanı olarak kullanıma uygun değildir.

Tablo 2’de yer alan bilgilere göre; bütün malzemelerin döşeme, tavan ve duvar kaplaması olarak kullanılabileceği görülmektedir. Glulam ve LVL malzemelerin yapının taşıyıcı sisteminde kullanımının diğerine göre daha uygun olduğu söylenebilir. CLT ve NLT malzemeler yapısı gereği kolon-kiriş gibi yapısal eleman kullanımına uygun değildir. Kapı ve pencere doğramaları incelendiğinde en uygun malzemelerin CLT ve LVL olduğu söylenebilir. Glulam büyük boyutlarda üretildiği için, NLT malzemesi ise çivili olması nedeniyle genel olarak yapı strüktüründe kullanılmaktadır. Merdiven ve donatı elemanı olarak kullanımına bakıldığında NLT hariç hepsinin bu alanda kullanıma uygun olduğu söylenebilir.

SONUÇ

Endüstriyel ahşap malzemeler ahşabın sahip olduğu ancak yapıda istenmeyen özelliklerin geliştirilmesiyle oluşturulan ürünlerdir. Endüstriyel ahşap diğer yapı malzemelerine göre (betonarme-çelik-alüminyum) daha az enerji ile üretilmektedir. Yapı ağırlığı olarak diğer sistemlerden (1m3 ahşap betondan 5 kat, çelikten 13 kat) daha hafiftir. Dolayısıyla ahşabın tercih edilmesiyle hem üretim süresi ve işçilik azalmakta hem de yapı ağırlığının azalmasıyla maliyet düşmektedir.

Yapılan araştırmalara göre endüstriyel ahşabın üretim faaliyetleri sırasında atmosfere salınmayarak bünyesinde tutulan karbon miktarı beton ve çeliğe göre sifıra yakındır. Diğer sistemlere göre (karbon miktarı 1 birim kabul edildiğinde) 2500 kat daha fazla karbon depolayarak salınım yapmamaktadır. Örneğin 150 metrekairelik bir konut inşası sırasında ortaya çıkan karbon miktarı ahşap malzemeye göre betonarmede 1700 kat, çelik sistemde 3500 kat daha fazladır.

Ahşap malzeme sürdürülebilir, yenilenebilir, dönüştürülebilir özelliklerinden ötürü neredeyse sifıra yakın atık veren bir yapı malzemesidir. Dünyanın pek çok ülkesinde endüstriyel ahşap malzemelerin kullanım oranı gün geçtikçe artış göstermektedir. Ahşabın tüm bu olumlu özellikleri iç mekan tasarımındaki görsel performansla birleştiğinde kullanım oranının artış göstermesi tesadüfi olmamaktadır. Yukarıdaki örneklerde de görüleceği üzere endüstriyel ahşap malzemelerin oldukça fazla kullanım alanı bulunmaktadır. Hem yapının temel strüktüründe

hem de iç mekanı oluşturan bileşenlerde kullanıldığı görülmüştür. Diğer yapı sistemlerine göre üstün özellikleri mevcuttur. Sistemin tercih edilmesinin en büyük nedeni malzemenin doğal oluşudur. Endüstriyel ahşap;

- Yangın dayanımı, mukavemet ve sertlik düzeyi yüksek
- Eğilme, bükülme ve darbelere karşı dayanıklı
- Bağlantı elemanlarına (çivi, vida gibi) izin veren
- Kesme, delme, sökme, yapıştırma gibi işlemlere uygun
- Isı, ses, gürültü kontrolü yapılabilen
- Hızlı montaj ve işgücü kolaylığı sağlayan
- İstenilen boyutlarda üretilen malzemelerdir.

Endüstriyel ahşap yukarıda sıralanan özellikleri nedeniyle Kanada, Norveç, Avustralya, Amerika ve Avrupa ülkelerinde tercih edilen yapı malzemesi olmuştur. İnşa edilen çok katlı yapıların çoğu ödül ve sertifika almaya hak kazanmıştır. Yapı elemanlarının mimari tasarımlardaki beklentiyi karşılıyor olması inşa sürecinde büyük avantaj sağlamaktadır. Ahşap ve hibrit yapıların dünyadaki kullanım oranları; Kaliforniya %99, Amerika %90, Fransa %83, Almanya %77, Türkiye %5 gibidir.

Ahşap her kültürün karakteristik yapısını gösteren geleneksel bir malzemedir. Bu nedenle doğudan batıya toplumlar tarafından tercih edilen yapı malzemesi olmuştur. Ünlü mimar Alex De Ruke, ahşabın geleceğine ve nereye gittiğine dair ‘Eğer 19. yüzyıl çelik, 20. yüzyıl beton yüzyılı idiye, 21. yüzyıl da ahşap yüzyılı olacak’ ifadelerini kullanmıştır. Bu bağlamda ahşap yapıların gün geçtikçe daha yaygın bir kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir.

Endüstriyel ahşap malzemelerin; masif ahşap da bulunan kusurların kontrol altına alınmasıyla ahşabın fiziksel özellikleri iyileştirilmiş ve böylelikle kaynakların etkin kullanımı, atıl malzemelerin değerlendirilmesini sağlamıştır. Ahşabın doğal boyutlarından çıkılarak artık daha büyük boyutlarda ve esnek formlarda üretilmesiyle tasarımcı özgür kılınmıştır. Bu bağlamda endüstriyel ahşap malzemelerin mimari tasarımda istenilen performans ve estetik gereksinimleri karşıladığı söylenebilir.

Yeni ahşap yapım sistemlerin-bağlantıların-koruma

yöntemlerinin geliştirilmesiyle yapı elemanlarının üretilmesi, büyük açıklıkların geçilmesine ve yapı yüksekliklerinin artmasına neden olmuştur. Böylelikle ahşap yalnızca konut yapılarında değil ofis, otel, yurt vb. gibi ticari yapılarda da kullanım alanı bulmuştur.

Yüzyıllardır yapı sektöründe kullanılan ahşap malzemelerin endüstriyel olarak güçlendirilmesi ve gereksinimlere yanıt verecek biçimde üretilmesiyle birlikte, ahşap malzemenin yapı sektöründeki öneminde oldukça büyük bir artış görülmüştür. Tablo 1 ve 2’de yer alan bilgilere göre endüstriyel ahşap malzemelerin çok yönlü kullanımı, ürün çeşitliliği, estetik zenginliği, sürdürülebilir özellikleri gibi birçok avantajı ile yapı sektöründeki yerini sağlamlaştırdığı söylenebilir. 20. Yüzyılın sonları ve 21. Yüzyılın ilk çeyreğinde inşa edilen ahşap yapılarda yapısal malzeme kullanımı olarak, endüstriyel ahşap malzemelerin büyük açıklıklı ve yüksek yapılardaki başarısını kanıtlamıştır. Ayrıca ahşap ve ahşap hibrit yapılarda mevcudun ötesinde çok daha fazla açıklıklara sahip yüksek yapılara ulaşılmasını sağlayacak yapı sistemlerinin gelişmesine neden olacak potansiyelde olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- Ceylan, A. ve Girgin, Z., C. (2014). Earthquake Resistant Design And Sustainability Through Wooden Composites in Multi-Storey Structures, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, İstanbul, 25-29.
- Çaştur, Ş. N. (2021). Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi. Yüksek lisans tezi. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi.
- Duru, M. O., Koç, İ. (2022). Ekolojik Bir Malzeme Olarak Ahşabın Konut Üretiminde Kullanımının Önemi Üzerine Bir Araştırma, Mimarlık Planlama ve Tasarımda Güncel Araştırmalar, s 206-257, Editörler Do.Dr. Murat Dal, Doç.Dr. Gülten Sandal Erzurumlu
- Gustafsson, A. (2019), The CLT Handbook: CLT Structures - Facts and Planning, Skogsindustrierna, Stockholm, Sweden.
- Güzel, N. ve Yesügey, S. C. (2015). Yapı Teknolojisi Ve Malzeme Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme İle Çok Katlı Ahşap Yapılar. Mimarlık, 382.
- Hong, K.E.M. (2017), Structural Performance of Nail-Laminated Timber Concrete Composite Floors, Master of Applied Science in The Faculty of Graduate And Postdoctoral Studies (Civil Engineering), The University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Kitek Kuzman, M., Oblak, L. ve Vratuša, S., (2010). Mimaride Yapıştırılmış Lamine Ahşap, Drvna Industrija, cilt:61, sayı:3 ss. 197-204.
- Mohammad, M., Gagnon, S., Douglas, B.K. and Podesto, L. (2012), Introduction to Cross Laminated Timber, Wood Design Focus, 22(2), 3-12.
- Ong, C.B. (2015), Glue-Laminated Timber (Glulam). M. P. Ansell (Ed.), Wood Composites, Woodhead Publishing, Part Two: Wood composites and their applications, Book Chapter 7, 123-140.
- Perker, Z. S. 2004. Geleneksel ahşap yapılarımızda kullanım sürecinde oluşan yapı elemanı bozulmalarının Cumalıkızık örneğinde incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bursa.
- Perkins + Will, (2014). Summary Report: Survey of International Tall Wood Buildings, Forestry Innovation Investment, Binational Softwood Lumber Council, 2014.
- Porteous, J. ve Kermani, A. (2013) Eurocode 5'e Göre Yapısal Kereste Tasarımı. Wiley, Oxford.
- Riberholt, H. (2007), Performance of old glulam structures in Europe. Rapport, BYG.DTU R-177, Danmarks Tekniske Universitet.
- Rowell, R. M. (2012). Ahşap Kimyası ve Ahşap Kompozitleri El Kitabı, Boca Raton Yayınları ABD.
- Şenkal, F. (1996). Konutlarda dünden bugüne ahşap kullanımı üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne.
- Şanlı, E. (2020). Çapraz lamine ahşabın strüktürel kullanımının ve performans özelliklerinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L. (2011). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme. Literatür Yayınları, İstanbul, Türkiye, 394 s.
- Türkçü, Ç., (1990). Çağdaş Yapım ve Strüktür Sistemleri 1, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basımevi, İzmir.
- Wood Products Council (2012), CLT - Solid Advantages, Wood Works Information Sheet WW-012, USA.
- URL1: <https://www.arkitera.com/haber/lamine-ahsap-rehberi-02-glt-tutkalli-lamine-ahsap/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL2: [Glulam and the environment - Swedish Wood](#) Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL3: <https://www.arkitera.com/haber/lamine-ahsap-rehberi-01-capraz-lamine-ahsap-clt/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL4: https://freepauar.shop/product_details/5787180.html Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL5: <https://www.arkitera.com/haber/lamine-ahsap-rehberi-03-nlt-civilenmis-lamine-ahsap/> Erişim Tarihi: 24.07.2024

- URL6: [T3 / Michael Green Architecture + DLR Group | ArchDaily](#) Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL7: <https://www.arkitera.com/proje/t3-minneapolis/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL8: <https://www.gzt.com/arkitekt/21-yuzyil-ingiliz-tasarimi-cambridge-camii-3597347> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL9: <https://www.studiopacific.co.nz/projects/2011/motat-aviation-display-hall/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL10: <https://www.archdaily.com/230234/motat-aviation-display-hall-studio-pacific-architecture> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL11: <https://www.arkitera.com/haber/unknown-works-dogu-londradaki-yari-mustakil-bir-evi-genisletti/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL12: <https://www.thinkwood.com/construction-projects/albina-yard> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL13: <https://www.savokusic.com/tr/blog/zgrade-i-kuce-od-viseslojno-lepljenih-drvenih-panela-clt> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL14: <https://www.arkitera.com/haber/yatay-duzlemlere-sahip-cephe-our-shelves-houses/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL15: <https://www.arkitera.com/haber/londrada-masif-ahsap-bir-kutuphane/> Erişim Tarihi: 24.07.2024
- URL16: <https://dendro.com.tr/blog/gelenekten-gelecege-ahsabi-donusturen-teknolojik-uygulamalar> Erişim Tarihi: 24.07.2024

Yazar Katkı Oranı

Bu araştırmanın hazırlanmasında birinci yazar %70, ikinci yazar %30 oranda katkı sağlamıştır.